



### (57) Zusammenfassung

Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes, bei dem a) der zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Strom (1) in wenigstens zwei Teilströme aufgeteilt wird, b) der erste Teilstrom (2) gegen wenigstens einen anzuwärmenden Prozessstrom abgekühlt (E1) und auf einen mittleren Druck entspannt wird (V1), c) der zweite Teilstrom (4) gegen wenigstens einen Kältekreislauf abgekühlt (E2, E3) und in wenigstens einer Entspannungs Vorrichtung (X1) auf einen mittleren Druck entspannt wird, d) die bei der Entspannung (V1, X1) der beiden Teilströme entstehenden Gasfraktionen in wenigstens einem Abscheider (D1) abgetrennt und gegen den abzukühlenden ersten Teilstrom (2) angewärmt werden, und e) die aus dem Abscheider (D1) abgezogene Flüssigfraktion (9) das Verflüssigungsprodukt darstellt. Der erste Teilstrom (2) beträgt vorzugsweise zwischen 20 und 40 % und der zweite Teilstrom (4) zwischen 80 und 60 % der Gesamtmenge des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1). Vorteilhaft wird der abgekühlte (E1, E4) erste Teilstrom (1, 1') auf einen Druck entspannt (V1), bei dem wenigstens 90 %, vorzugsweise wenigstens 93 % der Teilstrommenge kondensieren.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                              |    |                                   |    |   |    |                                |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                           | LS | Lesotho   | SI | Slowenien                      |
| AM | Armenien                     | FI | Finnland                          | LT | Litauen   | SK | Slowakei                       |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                        | LU | Luxemburg                                       | SN | Senegal                        |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                             | LV | Lettland  | SZ | Swasiland                      |
| AZ | Aserbaidshjan                | GB | Vereinigtes Königreich            | MC | Monaco  | TD | Tschad                         |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                          | MD | Republik Moldau                                 | TG | Togo                           |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                             | MG | Madagaskar                                      | TJ | Tadschikistan                  |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                            | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                   |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                      | ML | Mali  | TR | Türkei                         |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                            | MN | Mongolei  | TT | Trinidad und Tobago            |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                            | MR | Mauretanien                                     | UA | Ukraine                        |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                            | MW | Malawi  | UG | Uganda                         |
| BY | Belarus                      | IS | Island                            | MX | Mexiko  | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                           | NE | Niger   | UZ | Usbekistan                     |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                             | NL | Niederlande                                     | VN | Vietnam                        |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                             | NO | Norwegen  | YU | Jugoslawien                    |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                       | NZ | Neuseeland                                      | ZW | Zimbabwe                       |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen   |    |                                |
| CM | Kamerun                      | KR | Republik Korea                    | PT | Portugal  |    |                                |
| CN | China                        | KZ | Kasachstan                        | RO | Rumänien  |    |                                |
| CU | Kuba                         | LC | St. Lucia                         | RU | Russische Föderation                            |    |                                |
| CZ | Tschechische Republik        | LI | Liechtenstein                     | SD | Sudan   |    |                                |
| DE | Deutschland                  | LK | Sri Lanka                         | SE | Schweden  |    |                                |
| DK | Dänemark                     | LR | Liberia                           | SG | Singapur  |    |                                |
| EE | Estland                      |    |                                   |    |   |    |                                |

BeschreibungVerfahren und Vorrichtung zum Verflüssigen  
eines Kohlenwasserstoff-reichen Stromes

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes.

Unter dem Begriff "Kohlenwasserstoff-reicher Strom" sei im folgenden insbesondere Erdgas zu verstehen. Eine Vielzahl von Erdgasverflüssigungsprozessen, die der Gewinnung von LNG dienen, arbeitet nach dem sog. Expanderverfahren. Dabei wird der zu verflüssigende Erdgasstrom zunächst - in der Regel mittels eines Adsorptionsprozesses - von Wasser, Schwefelverbindungen sowie Kohlendioxid gereinigt. Die Abtrennung der unerwünschten schweren Kohlenwasserstoffe, bspw. C<sub>6+</sub>-Kohlenwasserstoffe erfolgt durch partielle Kondensation oder ebenfalls mittels eines Adsorptionsprozesses. Das von unerwünschten Komponenten gereinigte Erdgas wird anschließend gegen anzuwärmende Prozessströme sowie gegen einen Teilstrom des unter hohen Druck stehenden Erdgasstromes, der kälteleistend entspannt wird, abgekühlt und verflüssigt. Das verflüssigte Erdgas wird dann im Regelfall einem (Zwischen)Speicherbehälter zugeführt.

20 Nachteilig bei dieser Verfahrensweise ist jedoch, daß ein Großteil des Rohgasstromes nur als Kältemedium innerhalb des Verflüssigungsprozesses genutzt und anschließend als Niederdruckgas abgegeben werden muß, wodurch die Ausbeute an LNG eingeschränkt wird.

25 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes anzugeben, das bzw. die eine Steigerung der LNG-Ausbeute bei im wesentlichen unveränderten Investitions- und Betriebskosten ermöglicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes zeichnet sich dadurch aus, daß

- a) der zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Strom in wenigstens zwei Teilströme aufgeteilt wird,
- 5 b) der erste Teilstrom gegen wenigstens einen anzuwärmenden Prozessstrom abgekühlt und auf einen mittleren Druck entspannt wird,
- c) der zweite Teilstrom gegen wenigstens einen Kältekreislauf abgekühlt und in wenigstens einer Entspannungsvorrichtung auf einen mittleren Druck entspannt wird,
- d) die bei der Entspannung der beiden Teilströme entstehenden Gasfraktionen in  
10 wenigstens einem Abscheider abgetrennt und gegen den abzukühlenden ersten Teilstrom angewärmt werden, und
- e) die aus dem Abscheider abgezogene Flüssigfraktion das Verflüssigungsprodukt darstellt.

15

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes stellt eine Kombination aus einem sog. Expanderverfahren sowie einem Verflüssigungsverfahren gegen eine herkömmliche Standardkälteanlage, bei der bspw. Propylen, Propan oder Ammoniak als Kältemittel  
20 verwendet werden, dar.

Das erfindungsgemäße Verfahren weiterbildend wird vorgeschlagen, daß der Druck des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes zwischen 60 und 150 bar beträgt.

25

Vorzugsweise wird der erste Teilstrom, nach seiner Abkühlung im Wärmetausch mit anzuwärmenden Prozessströmen auf einen Druck entspannt, bei dem wenigstens 90 %, vorzugsweise wenigstens 93 % der Teilstrommenge kondensieren.

30

Ferner beträgt - entsprechend einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens - der erste Teilstrom zwischen 20 und 40 % und der zweite Teilstrom zwischen 80 und 60 % der Gesamtmenge des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes.

Es hat sich gezeigt, daß eine derartige Verteilung zu einer optimalen Ausbeute an LNG bzw. C<sub>1</sub>-Kohlenwasserstoffen führt, wobei gleichzeitig die Betriebskosten minimiert werden können.

- 5 Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes weist erfindungsgemäß
- a) einen ersten Wärmetauscher, in dem ein erster Teilstrom des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes gegen wenigstens einen anzuwärmenden Prozessstrom abgekühlt wird,
- 10 b) einen zweiten Wärmetauscher, in dem ein zweiter Teilstrom des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes gegen einen Kältekreislauf abgekühlt wird,
- c) jeweils wenigstens eine Entspannungsvorrichtung pro Teilstrom, mittels derer die Teilströme auf einen mittleren Druck entspannt werden, und
- d) einen Abscheider, in dem die bei der Entspannung der beiden Teilströme
- 15 entstehenden Gasfraktionen abgetrennt werden, auf.

Das erfindungsgemäße Verfahren, die erfindungsgemäße Vorrichtung sowie weitere Ausgestaltungen des- bzw. derselben seien im folgenden anhand zweier in den Figuren 1 und 2 dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert.

20

- In den Figuren 1 und 2 sind zwei unterschiedliche Verfahrensweisen zum Verflüssigen eines Erdgasstromes und zur Gewinnung von LNG beschrieben. Der über Leitung 1 herangeführte, zu verflüssigende Erdgasstrom ist bereits von unerwünschten Komponenten, wie Wasser, Kohlendioxid sowie höheren
- 25 Kohlenwasserstoffen mittels in den Figuren nicht dargestellter Vorbehandlungsschritte befreit.

- Der zu verflüssigende Erdgasstrom 1, der bspw. einen Druck von 60 bis 150 bar aufweist, wird in einen ersten Teilstrom 2 und einen zweiten Teilstrom 4 aufgeteilt. Der
- 30 erste Teilstrom beträgt zwischen 20 und 40 % und der zweite Teilstrom zwischen 80 und 60 % der Gesamtmenge des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes. Durch die Aufteilung des zu verflüssigenden Erdgasstromes 1 in wenigstens zwei Teilströme 2 und 4 kann die Kälteleistung des Restgases, auf das im folgenden noch näher eingegangen werden wird, besser genutzt werden. Der erste Teilstrom 2
- 35 trägt ca. 50 bis 70 % der in dem Abscheider D1, auf den ebenfalls noch näher

eingegangen werden wird, gebildeten Flüssigkeit bei, während der zweite Teilstrom 4 für die Produktion der restlichen Flüssigkeit in dem Abscheider D1 erforderlich ist.

Der erste Teilstrom wird über Leitung 2 einem Wärmetauscher E1 zugeführt und in  
5 diesem gegen anzuwärmende Prozessströme, auf die im folgenden noch näher  
eingegangen werden wird, abgekühlt. Anschließend wird der erste Teilstrom über  
Leitung 2 einem Entspannungsventil V1 zugeführt, in diesem entspannt und als Zwei-  
Phasen-Strom dem Abscheider D1 zugeführt. Vorzugsweise wird der erste Teilstrom  
in dem Entspannungsventil V1 auf einen Druck entspannt, bei dem wenigstens 90 %,   
10 vorzugsweise wenigstens 93 % seiner Menge kondensieren.

Der zweite Teilstrom wird über Leitung 4 zwei hintereinander angeordneten  
Wärmetauscher E2 und E3 zugeführt. Die Wärmetauscher E2 und E3 werden von  
einem Kältemittel, beispielsweise Propylen, Propan oder Ammoniak, das in einer  
15 Standardkälteanlage - dargestellt als Blackbox E - abgekühlt wird, durchströmt.  
Prinzipiell kann anstelle zweier Wärmetauscher auch lediglich ein Wärmetauscher  
vorgesehen sein.

Der in den Wärmetauschern E2 und E3 abgekühlte zweite Teilstrom wird über Leitung  
20 5 einem Abscheider D2 zugeführt. Prinzipiell kann auf den Abscheider D2 verzichtet  
werden; er ist lediglich aus sicherheitstechnischen Überlegungen sinnvoll, da er bei  
einem Ausfall der Vorbehandlungsstufe, die der Abtrennung der unerwünschten  
schweren Kohlenwasserstoffe dient, der Abtrennung der bei der Abkühlung in den  
Wärmetauschern E2 und E3 möglicherweise anfallenden, flüssigen, schweren  
25 Kohlenwasserstoffe dient. Würden diese flüssigen, schweren Kohlenwasserstoffe vor  
der Entspannungsturbine X1 nicht abgetrennt, könnte dies zu Beschädigungen  
und/oder Störungen an der Entspannungsturbine X1 führen.

Entsprechend einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann dem Abscheider  
30 D2 zudem eine Entspannungs Vorrichtung, vorzugsweise ein Entspannungsventil V5  
oder ein Expander, vorgeschaltet sein. Diese Ausgestaltung der Erfindung macht  
insbesondere bei vergleichsweise hohen Drücken Sinn.

Am Kopf des Abscheiders D2 wird über Leitung 6 eine gasförmige Fraktion entnom-  
35 men und einer Entspannungs Vorrichtung, bei der es sich vorzugsweise um eine

Entspannungsturbine X1 handelt, zugeführt. Um die Entspannungsturbine X1 bei einem Ausfall überbrücken zu können, ist eine Bypass-Leitung 8, in der ein Entspannungsventil V3 angeordnet ist, vorgesehen. Die in der Entspannungsvorrichtung arbeitsleistend entspannte Fraktion wird anschließend über Leitung 7 ebenfalls dem  
5 Abscheider D1 zugeführt.

Aus dem Sumpf des Abscheiders D2 kann über Leitung 12, in der ein Entspannungsventil V2 angeordnet ist, eine Flüssigfraktion abgezogen und der aus dem Abscheider D1 über Leitung 11 abgezogenen Gasfraktionen, auf die im  
10 folgenden noch näher eingegangen werden wird, zugemischt werden.

Die in dem Abscheider D1 anfallende Flüssigfraktion, die das LNG-Produkt darstellt, wird über Leitung 9 aus dem Abscheider D1 abgezogen und über Entspannungsventil V4 in einen Speicherbehälter S entspannt. Aus diesem kann das verflüssigte Erdgas  
15 bspw. über Leitung 10 mittels einer Pumpe P in ein LNG-Transport-Fahrzeug F umgepumpt werden.

Das am Kopf des Abscheiders D1 über Leitung 11 abgezogene sog. Mitteldruckgas, dem die über Leitung 12 aus dem Sumpf des Abscheiders D2 abgezogene und im  
20 Entspannungsventil V2 entspannte Fraktion zugemischt wird, wird nach erfolgter Zumischung über Leitung 13 dem Wärmetauscher E1 zugeführt und in diesem gegen den abzukühlenden ersten Teilstrom in Leitung 2 angewärmt. Das im Wärmetauscher E1 erwärmte Mitteldruckgas wird anschließend über Leitung 14 einem Gebläse C1 zugeführt und nach erfolgter Druckerhöhung über Leitung 15 aus der Anlage als  
25 Mitteldruckgas abgegeben. Vor der Abgabe des Mitteldruckgases kann dieses als Regeneriergas für die bei den in den Figuren 1 und 2 nicht dargestellten Vorbehandlungsschritten erforderlichen Adsorbern verwendet werden. Das Gebläse C1 kann bspw. durch den Expander X1 angetrieben werden.

30 Im Speicherbehälter S anfallendes Niederdruckgas wird aus diesem über Leitung 16 abgezogen und ebenfalls dem Wärmetauscher E1 zugeführt. Nach erfolgter Anwärmung im Wärmetauscher E1 gegen den abzukühlenden ersten Teilstrom kann das Niederdruckgas über Leitung 17 an ein städtisches Gasnetz abgegeben werden.

- Die in der Figur 2 dargestellte Verfahrensweise bzw. Vorrichtung unterscheidet sich von derjenigen der Figur 1 dadurch, daß die Entspannung des zweiten Teilstromes mittels zweier Entspannungsvorrichtungen, die vorzugsweise als Expander X1 und X2 ausgebildet sind, erfolgt. Der in dem Expander X2 entspannte zweite Teilstrom wird bei dieser Prozeßführung über Leitung 5' dem Abscheider D2 zugeführt. Die aus dem Sumpf des Abscheiders D2 über Leitung 12' entnommene Flüssigfraktion wird in einem zusätzlichen Wärmetauscher E4 unterkühlt und anschließend über Leitung 12", in der ein Entspannungsventil V2' angeordnet ist, ebenfalls dem Abscheider D1 zugeführt.
- Der am Kopf des Abscheiders D1 über Leitung 11 abgezogene Mitteldruckgasstrom sowie der aus dem Speicherbehälter S über Leitung 16 abgezogene Niederdruckgasstrom werden ebenfalls dem Wärmetauscher E4 zugeführt und in diesem gegen den abzukühlenden ersten Teilstrom in Leitung 3 sowie den zu unterkühlenden Strom in Leitung 12' angewärmt. Die Druckerhöhung des aus dem Wärmetauscher E1 über Leitung 14 abgezogenen Mitteldruckgasstromes erfolgt nunmehr mittels zweier Gebläse C1 und C2, die bspw. durch die Expander X1 und X2 angetrieben werden können.
- Eine Prozeßführung gemäß der Figur 2 eignet sich insbesondere für Rohgase mit vergleichsweise hohen Rohgasdrücken und großen Rohgasmengen, während die in der Figur 1 dargestellte Prozeßführung bei hohen Rohgasdrücken und kleineren Rohgasmengen vorteilhaft ist.
- Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes ermöglichen eine deutliche Steigerung der LNG-Ausbeute, wobei die Investitions- und Betriebskosten im wesentlichen unverändert bleiben. Die im Abscheider D1 anfallende Flüssigkeitsmenge kann gegenüber einem herkömmlichen Expanderverfahren im wesentlichen verdoppelt werden.



Patentansprüche

1. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-  
reichen Stromes, bei dem
  - a) der zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Strom (1) in wenigstens zwei  
5        Teilströme aufgeteilt wird,
  - b) der erste Teilstrom (2) gegen wenigstens einen anzuwärmenden Prozessstrom  
abgekühlt (E1) und auf einen mittleren Druck entspannt wird (V1),
  - c) der zweite Teilstrom (4) gegen wenigstens einen Kältekreislauf abgekühlt (E2,  
E3) und in wenigstens einer Entspannungsvorrichtung (X1) auf einen mittleren  
10        Druck entspannt wird,
  - d) die bei der Entspannung (V1, X1) der beiden Teilströme entstehenden  
Gasfraktionen in wenigstens einem Abscheider (D1) abgetrennt und gegen  
den abzukühlenden ersten Teilstrom (2) angewärmt werden, und
  - e) die aus dem Abscheider (D1) abgezogene Flüssigfraktion (9) das  
15        Verflüssigungsprodukt darstellt.
2. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-  
reichen Stromes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck des  
20        zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1) zwischen 60 und 150  
bar beträgt.
3. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-  
reichen Stromes nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der  
25        abgekühlte (E1, E4) erste Teilstrom (1, 1') auf einen Druck entspannt wird (V1),  
bei dem wenigstens 90 %, vorzugsweise wenigstens 93 % der Teilstrommenge  
kondensieren.
4. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-  
reichen Stromes nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
30        gekennzeichnet, daß der erste Teilstrom (2) zwischen 20 und 40 % und der  
zweite Teilstrom (4) zwischen 80 und 60 % der Gesamtmenge des zu  
verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1) beträgt.

5. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Entspannungsvorrichtung (X1) wenigstens ein  
5 Abscheider (D2) vorgeschaltet ist.
6. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß dem  
10 Abscheider (D2) eine Entspannungsvorrichtung (V5) vorgeschaltet ist.
7. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die im  
15 Abscheider (D2) abgetrennte Flüssigfraktion (12, 12') der aus dem Abscheider (D1) abgezogenen Gasfraktion (11) beigemischt und/oder dem Abscheider (D1) zugeführt wird (12").
8. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die im  
20 Abscheider (D2) abgetrennte Flüssigfraktion (12'), die dem Abscheider (D1) zugeführt wird (12"), vor der Zuführung in den Abscheider (D1) unterkühlt wird (E4).
9. Verfahren zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoffreichen Stromes nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
25 gekennzeichnet, daß die aus dem Abscheider (D1) abgezogene Flüssigfraktion (9) entspannt (V4) und einem Speicherbehälter (S) zugeführt wird.

10. Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes, aufweisend
- a) einen ersten Wärmetauscher (E1), in dem ein erster Teilstrom (2) des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1) gegen wenigstens  
5 einen anzuwärmenden Prozessstrom abgekühlt wird,
  - b) einen zweiten Wärmetauscher (E2, E3), in dem ein zweiter Teilstrom (2) des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1) gegen einen Kältekreislauf abgekühlt wird,
  - c) jeweils wenigstens eine Entspannungsvorrichtung (V1, X1) pro Teilstrom (3, 5,  
10 6), mittels derer die Teilströme auf einen mittleren Druck entspannt werden, und
  - d) einen Abscheider (D1), in dem die bei der Entspannung (V1, X1) der beiden Teilströme entstehenden Gasfraktionen abgetrennt werden.
- 15
11. Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zweiten Wärmetauscher (E2, E3) und der Entspannungsvorrichtung (X1)  
20 wenigstens ein Abscheider (D2) angeordnet ist.
- 20
12. Vorrichtung zum Verflüssigen eines unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zweiten Wärmetauscher (E2, E3) und dem Abscheider (D2) wenigstens eine  
25 Entspannungsvorrichtung (V5) angeordnet ist.

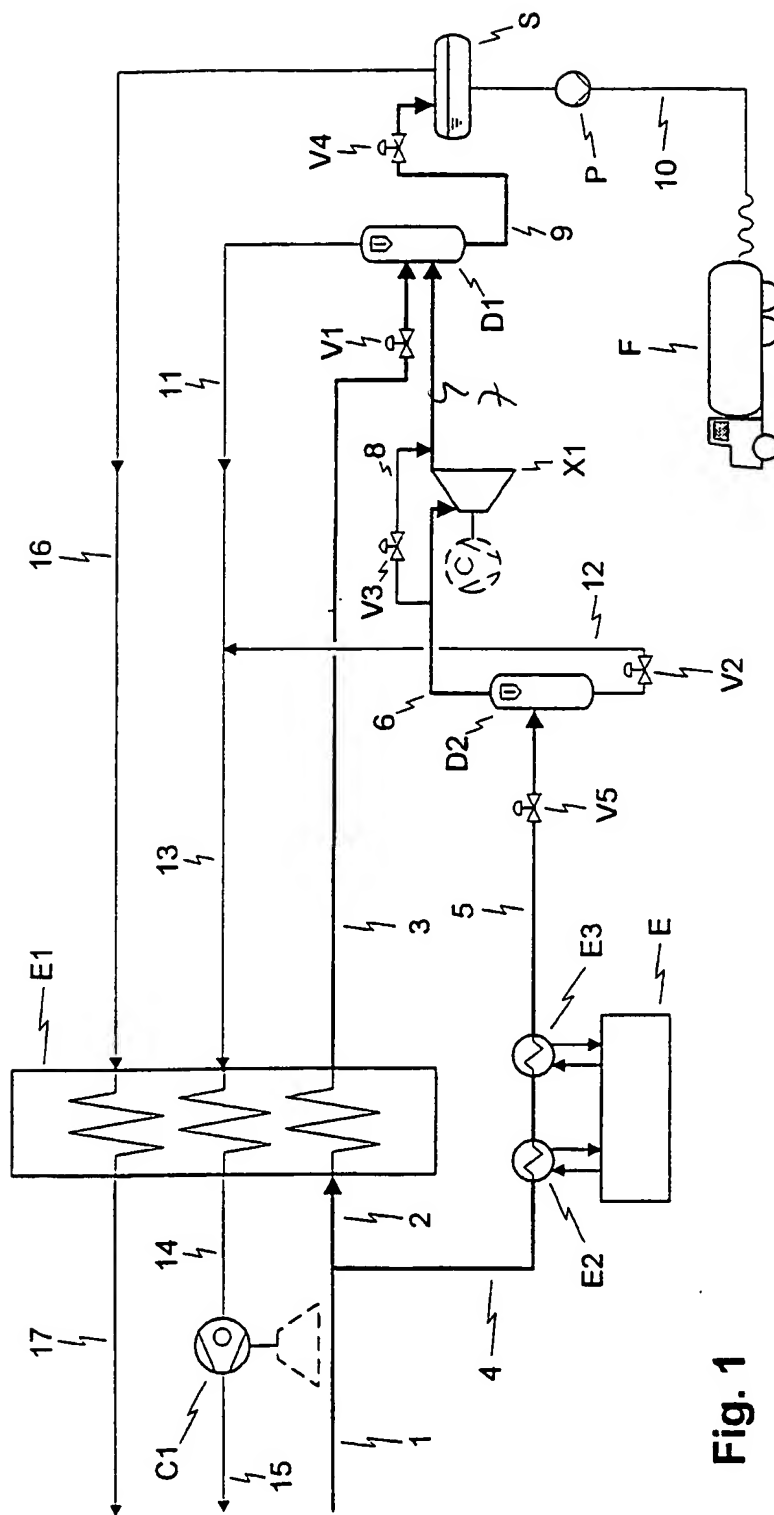


Fig. 1

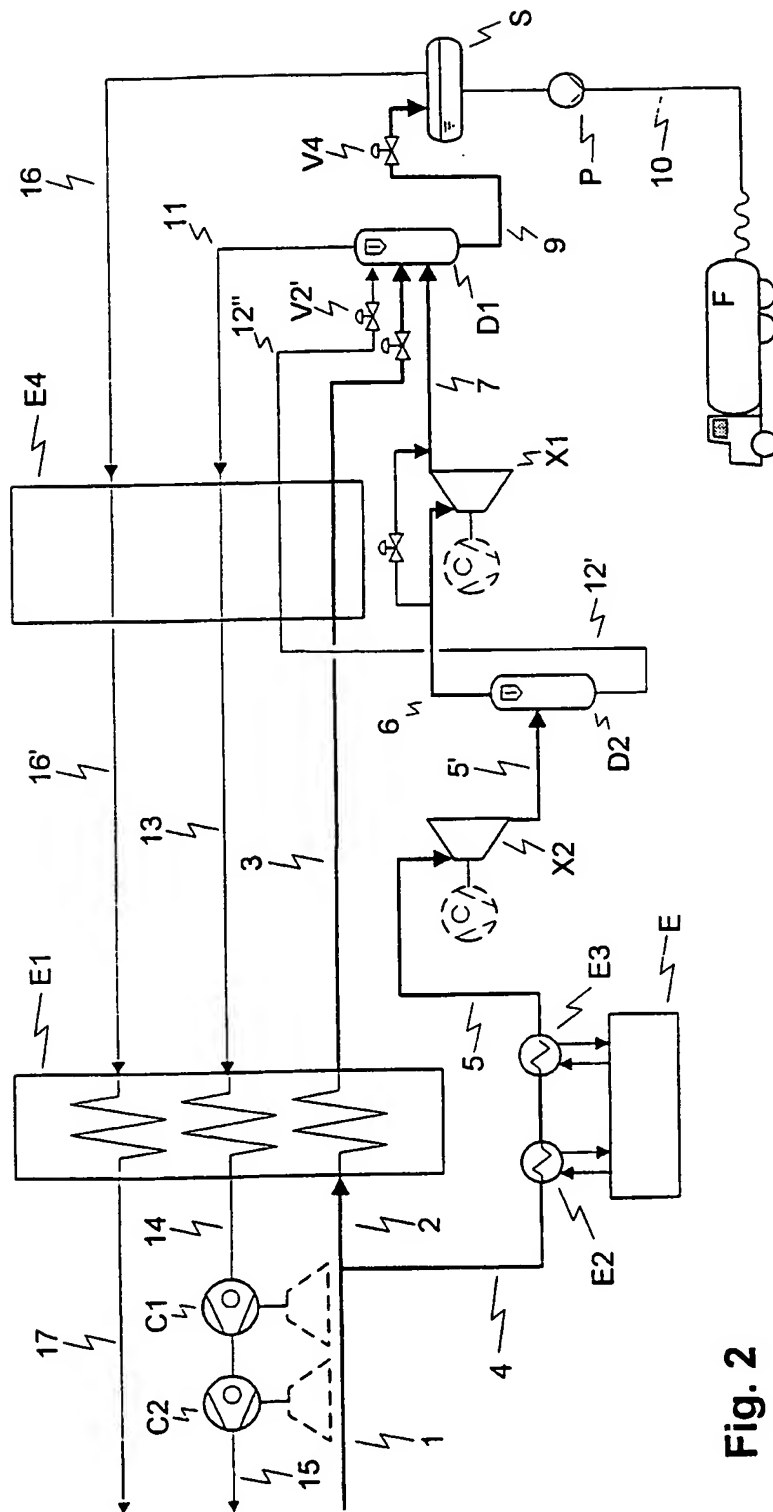


Fig. 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/03083

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 F25J1/02 F25J3/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 F25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X          | WO 95 18345 A (INST FRANCAIS DU PETROL<br>;PREVOST ISABELLE (FR); ROJEY ALEXANDRE<br>(F) 6 July 1995 (1995-07-06)<br>page 20, line 32 -page 22, line 7; claims;<br>figure 6; examples<br>---- | 1,2,<br>10-12         |
| A          | EP 0 266 984 A (BOC GROUP INC)<br>11 May 1988 (1988-05-11)<br>the whole document<br>----  | 1-12                  |
| A          | EP 0 113 539 A (MOBIL OIL CORP)<br>18 July 1984 (1984-07-18)<br>the whole document<br>----  | 1-12                  |
| A          | GB 2 288 868 A (PHILLIPS PETROLEUM CO)<br>1 November 1995 (1995-11-01)<br>the whole document<br>----  | 1-12                  |
|            | -/--  |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 September 1999

Date of mailing of the international search report

04/10/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lapeyrere, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 99/03083

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                | Relevant to claim No. |
| A  | DE 20 14 776 A (LINDE AKTIENGESELLSCHAFT)<br>30 September 1971 (1971-09-30)<br>the whole document | 1-12                  |
| P,A  | EP 0 875 725 A (PRAXAIR TECHNOLOGY INC)<br>4 November 1998 (1998-11-04)<br>the whole document     | 1-12                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/03083

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| WO 9518345                                | A | 06-07-1995          | FR 2714720 A               | 07-07-1995          |
|   |   |                     | FR 2714722 A               | 07-07-1995          |
|   |   |                     | AU 684885 B                | 08-01-1998          |
|   |   |                     | AU 1388395 A               | 17-07-1995          |
|   |   |                     | CA 2156249 A               | 06-07-1995          |
|   |   |                     | EP 0687353 A               | 20-12-1995          |
|   |   |                     | ES 2126876 T               | 01-04-1995          |
|   |   |                     | JP 8507364 T               | 06-08-1996          |
|   |   |                     | NO 953377 A                | 29-08-1995          |
|   |   |                     | US 5651269 A               | 29-07-1997          |
| EP 0266984                                | A | 11-05-1988          | US 4740223 A               | 26-04-1988          |
|   |   |                     | AU 577985 B                | 06-10-1988          |
|   |   |                     | AU 7980987 A               | 26-05-1988          |
|   |   |                     | CA 1298541 A               | 07-04-1992          |
|   |   |                     | JP 1645827 C               | 13-03-1992          |
|   |   |                     | JP 3009388 B               | 08-02-1991          |
|   |   |                     | JP 63129290 A              | 01-06-1988          |
|   |   |                     | ZA 8707574 A               | 18-04-1988          |
| EP 0113539                                | A | 18-07-1984          | US 4456459 A               | 26-06-1984          |
| GB 2288868                                | A | 01-11-1995          | US 5473900 A               | 12-12-1995          |
|   |   |                     | AU 674813 B                | 09-01-1997          |
|   |   |                     | AU 1612895 A               | 16-11-1995          |
|   |   |                     | BR 9501783 A               | 05-12-1995          |
|   |   |                     | CA 2143585 A               | 30-10-1995          |
|   |   |                     | NO 951661 A                | 30-10-1995          |
| DE 2014776                                | A | 30-09-1971          | NONE                       |                     |
| EP 0875725                                | A | 04-11-1998          | US 5836173 A               | 17-11-1998          |
|   |   |                     | CA 2236360 A               | 01-11-1998          |
|   |   |                     | CN 1201132 A               | 09-12-1998          |



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/03083

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 F25J1/02 F25J3/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 F25J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | WO 95 18345 A (INST FRANCAIS DU PETROL<br>;PREVOST ISABELLE (FR); ROJEY ALEXANDRE<br>(F) 6. Juli 1995 (1995-07-06)<br>Seite 20, Zeile 32 -Seite 22, Zeile 7;<br>Ansprüche; Abbildung 6; Beispiele<br>--- | 1,2,<br>10-12      |
| A          | EP 0 266 984 A (BOC GROUP INC)<br>11. Mai 1988 (1988-05-11)<br>das ganze Dokument<br>---   | 1-12               |
| A          | EP 0 113 539 A (MOBIL OIL CORP)<br>18. Juli 1984 (1984-07-18)<br>das ganze Dokument<br>---   | 1-12               |
| A          | GB 2 288 868 A (PHILLIPS PETROLEUM CO)<br>1. November 1995 (1995-11-01)<br>das ganze Dokument<br>---   | 1-12               |
|            | ---<br>-/-   |                    |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. September 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/10/1999

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lapeyrere, J

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/03083

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Kategorie*   | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| A  | DE 20 14 776 A (LINDE AKTIENGESELLSCHAFT)<br>30. September 1971 (1971-09-30)<br>das ganze Dokument | 1-12               |
| P,A  | EP 0 875 725 A (PRAXAIR TECHNOLOGY INC)<br>4. November 1998 (1998-11-04)<br>das ganze Dokument     | 1-12               |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/03083

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| WO 9518345 A  | 06-07-1995                    | FR 2714720 A                      | 07-07-1995                    |
|   |                               | FR 2714722 A                      | 07-07-1995                    |
|   |                               | AU 684885 B                       | 08-01-1998                    |
|   |                               | AU 1388395 A                      | 17-07-1995                    |
|   |                               | CA 2156249 A                      | 06-07-1995                    |
|   |                               | EP 0687353 A                      | 20-12-1995                    |
|   |                               | ES 2126876 T                      | 01-04-1995                    |
|   |                               | JP 8507364 T                      | 06-08-1996                    |
|   |                               | NO 953377 A                       | 29-08-1995                    |
|   |                               | US 5651269 A                      | 29-07-1997                    |
| EP 0266984 A  | 11-05-1988                    | US 4740223 A                      | 26-04-1988                    |
|   |                               | AU 577985 B                       | 06-10-1988                    |
|   |                               | AU 7980987 A                      | 26-05-1988                    |
|   |                               | CA 1298541 A                      | 07-04-1992                    |
|   |                               | JP 1645827 C                      | 13-03-1992                    |
|   |                               | JP 3009388 B                      | 08-02-1991                    |
|   |                               | JP 63129290 A                     | 01-06-1988                    |
|   |                               | ZA 8707574 A                      | 18-04-1988                    |
| EP 0113539 A  | 18-07-1984                    | US 4456459 A                      | 26-06-1984                    |
| GB 2288868 A  | 01-11-1995                    | US 5473900 A                      | 12-12-1995                    |
|   |                               | AU 674813 B                       | 09-01-1997                    |
|   |                               | AU 1612895 A                      | 16-11-1995                    |
|   |                               | BR 9501783 A                      | 05-12-1995                    |
|   |                               | CA 2143585 A                      | 30-10-1995                    |
|   |                               | NO 951661 A                       | 30-10-1995                    |
| DE 2014776 A  | 30-09-1971                    | KEINE                             |                               |
| EP 0875725 A  | 04-11-1998                    | US 5836173 A                      | 17-11-1998                    |
|   |                               | CA 2236360 A                      | 01-11-1998                    |
|   |                               | CN 1201132 A                      | 09-12-1998                    |